

Värdet av träd

- Hur trädkronstäckning kan användas för att värdera urbana träd
reglerande ekosystemtjänster

The Value of Trees

- How to use canopy cover to value the regulating ecosystem services
of urban trees

Anna Nohed



Självständigt arbete • 15 hp

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2019

Värdet av träd

- Hur trädkronstäckning kan användas för att värdera urbana träd's reglerande ekosystemtjänster

The Value of Trees

- How to use canopy cover to value the regulating ecosystem services of urban trees

Anna Nohed

Handledare: Johan Östberg, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Patrick Bellan, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i biologi

Kurskod: EX0493

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Urban, Thomas Hawk, (CC BY-NC 2.0)

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: i-Tree, canopy cover, trädkronstäckning, ekosystemtjänster, stadsträd

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Hösten 2017, under mitt tredje studieår på SLU, läste jag en kurs i trädvård. Kursansvarig Johan Östberg visade oss studenter hur fantastiskt intressant och komplext det är att värdera träd. Syftet för värderingsmetoden är ofta det som speglar resultatet av trädets värde.

Genom kursen kom jag i kontakt med i-Tree, en metod för att värdera trädens ekosystemtjänster. Denna metod fångade mitt intresse och där bestämde jag mig för att jag ville lära mig mer.

Så stort tack till Johan Östberg, som också varit min handledare för denna uppsats, för utan dig hade detta arbete aldrig blivit av.

Tack till min familj som genom stöttning och uppmuntran möjliggjort skrivandet av uppsatsen.

Anna Nohed, 23 maj 2019

Sammanfattning

Idag bor fler människor än någonsin tidigare i urbana områden. Det globala klimatet är i förändring och för att minska den negativa påverkan städerna har på klimatet, kan de urbana träderna spela en viktig roll. Stadens träd hjälper till att förhindra översvämningar; rena stadsluften, lagra koldioxid, skapar ett behagligare klimat och minska energianvändning. Trädens bidragande förmågor kallas reglerande ekosystemtjänster och genom att mäta tjänsterna och ge dem ett värde, kan kunskapen om dem öka.

Genom en litteraturstudie undersöker detta arbete trädens reglerande ekosystemtjänster. Vidare beskrivs metoder för att uppskatta de värden som trädens ekosystemtjänster utgör. Genom att mäta trädkronornas utbredning över ett område beräknas en procentuell trädkronstäckning. Det nätbaserade verktyget i-Tree används världen över för att mäta städernas trädkronstäckning i syfte att ge urban grönska ett värde. Arbetet söker svar på frågan om varför och hur trädkronstäckning kan användas för att värdera de urbana trädens ekosystemtjänster.

Studien visar att det krävs mer än en mätning av trädkronstäckning för att beräkna trädens reglerande ekosystemtjänster och för att kunna dra slutsatser om deras ekonomiska bidrag. Många faktorer bör tas med i beräkningen för att resultatet ska bli tillförlitligt, och det är inte säkert att i-Tree klarar att räkna med alla. Samtidigt är i-Tree ett tillgängligt och användarvänligt verktyg som kan synliggöra trädens betydelse för hållbara städer och gör det möjligt att kommunicera nyttan med urbana träd.

Nyckelord: Reglerande ekosystemtjänster, urbana träd, i-Tree, trädkronstäckning

Abstract

More people than ever are living in urban areas. Urban trees play an important role in reducing the negative effect cities have on climate change. Trees contribute to prevent flooding and run-off, cleaning air, regulating climate and decrease the use of energy. Regulating ecosystem services is the term of such qualities and by assessing those, value can be added.

This literature study examines some regulating ecosystem services of urban trees. Some of the methods on how to assess the value of these services will be identified. By measuring the spread of tree canopies over a certain area, an estimated percentage of canopy cover can be calculated. The web-based tool i-Tree is used world-wide to assess cities' canopy cover to assign financial value to urban greenery. This study intends to clarify why and how canopy cover can be used to assess value to regulating ecosystem services that the urban trees provide.

The study shows that it requires more than a survey of canopy cover to assess the regulating ecosystem services from urban trees, and being able to estimate the economic value of such. Many factors need to be considered in order to provide reliable results, and it is not certain that i-Tree is able to manage all the significant factors. Nevertheless, i-Tree is an accessible and user-friendly tool that can help to highlight the importance of trees, and to communicate the value of urban trees.

Keywords: Regulating ecosystem services, Urban trees, i-Tree, Canopy cover

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	4
Abstract	5
1 Inledning.....	7
2 Material och metod.....	8
2.1 Syfte.....	8
2.2 Frågeställning	8
2.3 Avgränsning.....	8
3 Resultat från litteraturstudien.....	10
3.1 Ekosystemtjänster	10
3.1.1 Vikten av ekosystemtjänster	11
3.2 Reglerande ekosystemtjänster.....	12
3.2.1 Dagvattenhantering.....	12
3.2.2 Luftrenande förmåga.....	15
3.2.3 Koldioxidbindning.....	17
3.2.4 Temperaturreglering	18
3.3 Trädens ekosystemtjänster - vinster för samhälle och individ.....	19
3.3.1 Ekonomisk värdering av reglerande ekosystemtjänster	21
3.4 Trädkronstäckning- Vad är det?	21
3.4.1 Mätning från digitala kartor	22
3.4.2 Sluppmässig punktmetod.....	22
3.4.3 Fältmätningar	23
3.5 I-Tree – ett sätt att mäta trädkronstäckning och reglerande ekosystemtjänster	23
3.5.1 <i>I-Tree i världen</i>	27
3.5.2 I-Tree Sverige.....	28
3.5.3 Varför används trädkronstäckning för att värdera reglerande ekosystemtjänster?	28
4 Diskussion.....	30
5 Slutsats	33
6 Referenser	34

1 Inledning

Idag bor mer än 50 % av jordens befolkning i urbana områden. Alla människor är beroende av naturen i och runtomkring staden då den ser till att vi har rent vatten, ren luft, mat att äta, syre att andas och en behaglig lufttemperatur. Eftersom stadsmiljön utgör ett nät av ekosystemtjänster bör de värnas och naturen i staden bevaras för att vi nu och i framtiden ska leva i miljöer som är anpassade till rådande klimatförändringar (c/o city, 2014). Ökad urbanisering tros bidra till förhöjda temperaturer och högre energikonsumtion (McCarthy et al., 2010) Genom att stärka ekosystemtjänster kan de kostnader som följer klimatförändringarna begränsas (Schröter et al., 2005) och samtidigt naturen värnas. Stadens vegetation hjälper till att begränsa den globala uppvärmningen och ökar upptaget av klimatgaser. Träd och parker kan reducera de redan existerande effekterna av klimatförändringarna (Gill et al., 2007) och bidra till bland annat ett behagligare stadsklimat, dagvattenhantering och renare stadsluft (Bolund & Hunhammar, 1999). Naturens tjänster är grundläggande för vår mänskliga välfärd men ändå bortses de ofta från då viktiga beslut fattas. Regeringen har beslutat att värdet av ekosystemtjänster och biologisk mångfald ska ligga som grund vid beslutsfattning för viktiga samhällsfrågor senast 2018 (Naturvårdsverket 2017). Många städer runt om i världen planerar för ekosystemtjänster för att kunna möta de utmaningar vi står inför (c/o city, 2014)

Trädkronstäckning

I takt med att städerna växer och blir mer tätbefolkade påverkas mängden grönyta i våra samhällen. På några platser blir det grönare medan det på andra ställen försvinner träd när bostäder byggs. (SLU, 2018; Jansson et al., 2013). Då många hälsomässiga och miljömässiga fördelar är relaterade till gröna miljöer är en ökad trädplantering ofta något som sätts upp som mål i städer och kommuner (2020 vision, 2014; Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015). Den ökade andelen träd kan mätas i trädkronstäckning och kommuner och storstäder runt om i världen har idag stora projekt för nyplantering av träd för att öka den procentuella ytan täckt av trädkronor (2020 vision, 2014; Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015; Natural Resources Wales, 2014). Genom fler träd i stadsrummet kan trädens goda effekter och ekosystemtjänster öka.

För att kunna öka mängden träd och grönyta i städerna och samtidigt arbeta med att främja de urbana ekosystemtjänsterna behöver helheten av ekosystemtjänster synliggöras. Ett sätt kan vara att använda sig av ekonomiska argument genom att värdera tjänsterna i pengar (Jansson et al., 2013). För att synliggöra det ekonomiska värdet av trädens reglerande ekosystemtjänster finns tjänsten i-Tree. Flera av projekten använder programmet i-Tree eco, som genom trädkronstäckning kan kvantifiera trädens reglerande ekosystemtjänster. Programmet räknar ut tjänsternas ekonomiska

värden och därmed synliggörs på ett konkret sätt hur mycket träden och deras ekosystemtjänster bidrar med. I-Tree har tagits fram av amerikanska motsvarigheten till skogsstyrelsen och jordbruksverket, USDA (US Department of Agriculture) Forest Service, och ägs av amerikanska staten. Programmet bygger endast på vetenskapligt publicerad forskning. Att studierna granskats av andra forskare ger programmet en ökad trovärdighet (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

2 Material och metod

Arbetet består av en litteraturstudie som undersöker några av de reglerande ekosystemtjänster som utförs av träd, med fokus på stadsmiljö.

2.1 Syfte

Syftet är att förstå vilken roll träden spelar för några viktiga ekosystemtjänster i urbana miljöer och hur dessa tjänster kan värderas genom trädkronstäckning i datorprogrammet i-Tree.

2.2 Frågeställning

Träd utför många ekosystemtjänster och jag vill ta reda på vilka faktorer som påverkar tjänsternas bidragande förmågor och hur trädkronstäckning kan användas i ett försök att värdera dem.

- **Hur bidrar träd med reglerande ekosystemtjänster i stadsmiljö?**
- **Hur och varför används trädkronstäckning för att värdera urbana träds reglerande ekosystemtjänster?**

2.3 Avgränsning

Arbetet är avgränsat till att behandla de ekosystemtjänster som värderas i programmet *i-Tree eco*, vilket innefattar de reglerande ekosystemtjänsterna: dagvattenhantering, koldioxidbindning, luftrening och klimatanpassning. Av tidsskäl är arbetet begränsat till att endast ta upp MA:s (Millennium Ecosystem Assessment) definition av ekosystemtjänster, då denna är vanligast förekommande.

Struktur

Uppsatsen är uppbyggd så att läsaren först ska bli insatt och få en övergripande förståelse för problematiken jag har sökt svar på. Den inledande delen finns under rubriken sammanfattning och därefter underrubriker där jag bland annat presenterar min frågeställning.

I resultatdelen presenteras övergripande rollen av ekosystemtjänster, hur de fungerar och på vilket sätt träd är med och bidrar till de reglerande ekosystemtjänster jag har valt att ta med.

Senare beskrivs trädkronstäckning, hur det fungerar och på vilka sätt det går att mäta. Till sist försöker jag besvara frågan angående hur trädkronstäckning kan mätas genom online-verktyget *i-Tree canopy* och hur och varför trädkronstäckning används för att värdera reglerande ekosystemtjänster.

Avslutningsvis finns en diskussion och min slutsats. Sist presenteras referensmaterialet.

Litteraturinsamling

Informationen jag använt i detta arbete kommer från vetenskapliga artiklar, rapporter och från tryckt litteratur i SLU:s bibliotek. Grundläggande information rörande i-Tree kommer från en föreläsning med en av utvecklarna för i-Tree, David Nowak. För att skapa mig en grundläggande förståelse kring ämnet ekosystemtjänster har Naturvårdsverkets websida med publicerade rapporter varit värdefulla. Information för att beskriva trädens specifika roll när det kommer till reglerande ekosystemtjänster har jag hittat till stor del i Sjöman & Slagstedt, 2015. För att utveckla den fakta jag hittat i Sjöman & Slagstedt, 2015 har det varit väsentligt med publicerade artiklar som kan bekräfta och skapa en djupare insikt i ämnet. Vad rör siffror och mer detaljerad information har vetenskapliga artiklar varit den bästa källan. För att hitta relevanta källor har jag använt mig av snöbollsmetoden; där referensers referenslistor har lett mig vidare till fler källor. Genom bibliotekets sök-databas primo och Google scholar har jag fått tillgång till de artiklar jag behövt. Flera av artiklarna som rör trädkronstäckning har jag hittat med hjälp från min handledare.

3 Resultat från litteraturstudien

3.1 Ekosystemtjänster

Indelningen av ekosystemtjänster görs både nationellt och internationellt och definierades av forskningsprogrammet MA (Millennium Ecosystem Assessment) med initiativ från FN. (Naturvårdsverket, 2013; MA, 2005). MA:s sammanställning är gjord utifrån en vetenskaplig grund i syfte att definiera, kommunicera och visa på ekosystemtjänsternas komplexitet. Dessutom utvärderar rapporten hur människors välmående påverkas av förändringar i de komplexa systemen (MA, 2005). Definitionen av ekosystemtjänster är enligt MA:

Ekosystemtjänster är fördelarna som människor kan tillgodogöra sig från ekosystem. Dessa inkluderar producerande, reglerande och kulturella tjänster som direkt påverkar människor. De stödjande tjänsterna behövs för att upprätthålla de andra tjänsterna.

“Ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems. These include provisioning, regulating, and cultural services that directly affect people and supporting services needed to maintain the other services.” (MA, 2005, s.40)

MA kategoriserar ekosystemtjänster enligt fyra grupper, vilken definierar tjänstens funktion i förhållande till människans välbefinnande.

1. **Producerande tjänster:** fördelar människan kan tillgodogöra sig genom livsmedelsproduktion från djur och växter, material som trä och bomull, energi och drivmedel, rent vatten, genetiska resurser för exempelvis växtförädling, biokemikalier för läkemedel och livsmedel och dekorativa resurser som blommor, snäckor och prydnadsväxter.
2. **Reglerande tjänster:** är fördelar människor får från reglerande ekosystemprocesser. Ren luft genom luftrening, klimatanpassning genom påverkan av fuktighet och temperatur och möjlighet att lagra koldioxid eller frigöra klimatgaser, reglera vattenflöden genom vattenlagrande förmåga och påverkar avrinning, vegetationens roll i att motverka jorderosion och rening av vatten. Pollination, återföring av näringsämnen och sjukdoms- och skadedjursreglerande tjänster räknas också hit.
3. **Kulturella tjänster:** innefattar icke-materiella tjänster invånare kan erhålla genom ekosystemtjänster. Exempelvis andlig inspiration, kognitiv utveckling och möjlighet till rekreation, reflektion och estetiska upplevelser. Diversitet hos ekosystem influerar kulturers olikheter och den mångfald som uppstår därifrån, däribland vetenskap och kulturarv.

4. **Understödjande tjänster:** Är nödvändiga för produktion av alla andra ekosystemtjänster och därmed beroende av dess funktion. Växternas fotosyntes, näringsämnenas cykler, jordbildning, vattencykeln och biologisk mångfald.
(MA, 2005)

3.1.1 Vikten av ekosystemtjänster

Fler människor än någonsin bor i städer. Samtidigt är de urbana områdena beroende av en yta mer än 500-1000 gånger större än den urbana eftersom de förser invånarna med livsnödvändiga ekosystemtjänster. Även urbana ekosystemtjänster är avgörande för varje individs välmående och bidrar till högre livskvalitet genom exempelvis renare luft och behagligare klimat (Bolund & Hunhammar, 1999). Ekosystembaserade lösningar är effektiva och sparar resurser (Naturvårdsverket, 2017). Urban vegetation gör jobbet åt människan genom att bidra med bland annat dagvattenhantering, temperaturreglering, renare luft och koldioxidinlagring (Bolund & Hunhammar, 1999; MA, 2005). Om människor inte aktivt arbetar för att bevara ekosystemtjänster finns det risk att de försvinner, då människan utnyttjat de naturliga processerna under lång tid, och försökt effektivisera dem genom matproduktion, virke och energigrödor. Det medför konsekvenser där resterande funktioner urholkas och funktionen riskerar att försämrats (Naturvårdsverket, 2017). I en tid med klimatförändringar är ekosystemtjänster nödvändiga för att bättre rusta samhället för de utmaningar som följer i den globala uppvärmningens fotspår. Högre temperaturer, försämrad jordkvalitet, minskad vattentillgång och ökad risk för bränder är exempel på konsekvenser som är förenat med höga kostnader, vilka går att begränsa om samhället främjar naturens och växternas ekosystemtjänster (Schröter et al., 2005).

Med klimatförändringar förväntas ökad nederbörd och fler hårda regn. Enligt klimatmodeller förutspås även Sverige drabbas av torrperioder och värmeböljor kan bli allt vanligare (Naturvårdsverket 2017). Kraftiga skyfall ger en ökad risk för översvämningar då hårdgjorda ytor minskar markens förmåga till infiltration (Deak Sjöman & Gill, 2013). Mest drabbade spås tätbebyggda områden bli och det får stora konsekvenser på infrastruktur och bebyggelse. Genom ekosystembaserade lösningar kan samhället tjäna mycket pengar över tid, då dessa investeringar inte behöver bytas ut eller vara specialanpassade för varje enskilt problem. (Naturvårdsverket 2017).

Om människan kan identifiera och kvantifiera ekosystemtjänster går det lättare att kommunicera tjänsternas värden och betydelse för en hälsosam samhällsutveckling. Genom att räkna på värdet av ekosystemtjänster går det att ta med i beräkningar och risken att de glöms bort minskar (Jansson et al., 2013). För att kunna kommunicera trädens ekosystemtjänster kan trädkronstäckning vara ett användbart mått. I rapporten från MA används trädkronstäckning som ett mått på hur grönt ett

område är. Där definieras ett område som skog om trädkronstäckningen överstiger 40 % (MA, 2005). För att minska negativa konsekvenser av klimatförändringar behöver ekosystemen och dess tjänster stärkas (Naturvårdsverket 2017).

3.2 Reglerande ekosystemtjänster

Den grupp som är mest intressant för kvantifierbara ekosystemtjänster är de *reglerande ekosystemtjänsterna*. De reglerar luftens, vattnets och jordens kvalitet och minskar effekten av översvämningar (Andersson et al., 2019). Ekosystemtjänsterna dagvattenhantering, luftrening, temperaturreglering och koldioxidinlagring kommer utgöra fokus för kommande text.

3.2.1 Dagvattenhantering

Träd och annan vegetation är en viktig resurs för hantering av dagvatten. Vegetationen hjälper till att motverka översvämningar och ökad avrinning genom att rötter och bladverk förhindrar avrinningen (Deak Sjöman & Gill, 2014). Avrinning innebär att vatten leds bort från trädens rötter, vattnet når aldrig rötterna och ekosystemtjänsten uteblir. Problem kan uppstå till följd av kraftig nederbörd. Då



fylls dagvattenledningarna snabbt och översvämningar kan uppkomma som ett resultat av överbelastade system och höga flödeshastigheter (Boverket, 2018). För att förstå vad dagvattenreducering innebär är två begrepp betydelsefulla; infiltration och interception. Det första betyder att dagvatten reduceras när det infiltrerar ner i markskikten. Växternas rötter tar upp dagvatten och vattenmagasin fylls på. Det senare innebär att en del av dagvattnet aldrig når marken, utan fångas upp av växternas grenar och bladverk, vilket bidrar till att vattnet senare avdunstar (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Figur 1 visar ett exempel på interception; där trädens blad hjälper till att fånga upp nederbörd.

Figur 1: Interception (Nohed, 2019)

Genom att växter har tillgång till dagvatten förbättras växtens villkor och kraven på dagvattenhantering minskar. Vatten som absorberas av växterna blir en minskad belastning på

dagvattensystemet nedströms, vilket också kan reducera kostnader för vattenhanteringen (Boverket, 2018).

Trädens förutsättningar är betydelsefulla för ekosystemtjänsten

För att träd ska kunna bidra med värdefulla ekosystemtjänster, däribland dagvattenhantering, krävs en god etablering och möjlighet till en långsiktig utveckling av rötter och krona. Träd som inte ges goda förutsättningar till tillväxt, löper ofta stor risk att ersättas med en hårdgjord yta. För att undvika stressade träd med dålig utveckling kräver rötterna en rymlig växtbädd med god tillgång till marksyre, vatten och näring (Nowak & Greenfield, 2012).

Trädet behöver ges möjlighet att leverera ekosystemtjänster med hög kapacitet genom sin stora krona med ett välutvecklat bladverk (Nowak & Greenfield, 2012). Trädkronor är den yta som förhindrar ytvänning mest i jämförelse med, buskskikt, gräsmatta, sedumtak, hårdgjorda ytor (asfalt och betong) och genomträngliga gatubeläggningar (Deak Sjöman & Gill, 2014).

3.2.1.1 Interception

Trädens krona har stor betydelse för dess förmåga att fördröja nederbörd genom att fånga upp vatten i bladverk och i grenar. En del av nederbörden når aldrig markytan, utan avdunstar direkt från kronan. Trädets art har stor betydelse för kronans kapacitet till interception (Xiao och McPherson, 2002). Resultatet från en studie visar att skilda trädarter också har olika kapacitet till interception under olika delar av året. En *Platanus x hispanica*, Platan, har förmåga att fördröja nederbörden med 15 % under vintermånaderna och under sommarmånaderna är siffran 79 %. Ändå kan interceptionen skilja sig åt mellan olika trädarter med upp till 50 % under sommarmånaderna (Xiao och McPherson, 2002). Hur stor del av nederbörden som avdunstar beror på nederbördsmängden under det givna tillfället. I naturliga planteringar är interceptionen mer effektiv än hos solitära träd i gatumiljö eftersom planteringarna består av flera skikt och större bladvolym, som kan fånga upp regnvatten (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Enligt en studie av Florgård och Palm (1980) visar resultatet att interceptionen från lövskog motsvarade 40 % av nederbörden, medan barrskog kan fånga upp så mycket som 60 %. Resultaten innebär att det i täta planteringar krävs mycket regn för att nederbörden skall nå rötterna (Florgård & Palm, 1980). På vintern har dock lövfällande träd en sämre förmåga att fördröja nederbörd och då finns goda möjligheter förse marken med vatten (Xiao och McPherson, 2002). Författarna till en annan studie menar att lövfällande träd kan bidra till minskad avrinning under vintermånaderna, genom att vattnet fördröjs av grenar och stam (Deak Sjöman & Gill, 2014). Samma studie visar att mark under trädkronan skulle ge ännu större effekt genom ökad interception och evapotranspiration, (i förhållande till effekterna av hårdgjord yta) (Deak Sjöman & Gill, 2014) och därmed bidra ännu mer till att avlasta VA-systemen ytterligare.

3.2.1.2 Infiltration

Träd är ovärderliga för en hållbar vattenbalans i stadsmiljö. Träd och annan urban vegetation fördröjer vattenflöden genom infiltration. Rötterna hjälper till att göra marken mer porös och därmed skapas utrymme för vattenlagring (Naturvårdsverket, 2017). Infiltration betyder att dagvatten infiltreras genom markskikten och grundvattnet fylls på (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015).

Faktorer som påverkar infiltration

Infiltrationen av dagvatten påverkas av flera faktorer. Utbredningen av trädets rötter har betydelse för hur mycket vatten det kan ta upp. Ett nyetablerat träd har en begränsad förmåga att ta upp dagvatten, då rötterna inte hunnit bre ut sig i jämförelse med rotsystemet hos ett väletablerat träd. Ett väletablerat trädbestånd med goda möjligheter till utbredning är därför en stor tillgång för en hållbar dagvattenhantering (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). En annan faktor som är av betydelse för trädens förmåga till dagvattenreducering är markpackning. I parker där många människor vistas finns risk för att marken kompakteras, till följd av skotramp. Jordens porvolym påverkas av markpackningen och därför är ofta porvolymen i anlagda ytor lägre än i naturmark. Infiltrationsmöjligheterna kan i en anlagd grösyta vara 40-50% lägre än de vore i likartad naturmark. Träd i en naturlig plantering är överlägsna andra marktäckan, vad gäller att minska ytavrinning, oberoende nederbörds mängd. (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Hårdgjorda ytor ger inte vatten möjlighet att infiltrera utan kräver uppsamling för att kunna hanteras av avloppssystem och för att rinna undan. Vid intensiva regn blir påfrestningar på avloppssystemen stora och risk finns för översvämningar och för utsläpp av orenat vatten (Naturvårdsverket 2017). Även jordmånen är av betydelse för effektiv dagvattenhantering. Markens förmåga till infiltration påverkas av jordmånen och en tung lerjord har sämre förmåga att ta upp vatten än sandjord (Deak Sjöman & Gill, 2014).

Sommaren 2007 drabbades södra delar av Sverige; Lomma, Staffanstorps och Lunds kommun av kraftiga regn, med översvämningar som följd. I en studie gjord av Deak Sjöman och Gill (2014) visar att de omfattande skadorna från skyfallen berodde på att vattnets begränsade möjlighet till infiltration. Till följd av urbanisering och utdikning av odlingsmark är området känsligt för översvämningar. En ökad mängd ogenomträngliga ytor kommer att öka avrinningen, med översvämningar som följd. Artikeln uppmärksammar även hur trenden med fler hårdlagda ytor på privat mark kommer att bidra till förhöjd risk för översvämningar nu och framöver (Deak Sjöman & Gill, 2014).

Genom att plantera träd i busk- eller perennplanteringar kan marktramp från fotgängare och cyklister undvikas. Träflis är ett material med god genomsläpplighet av vatten och syre men har även

en stötdämpande förmåga. Därför är träflis ett lämpligt marktäckande material på platser där det är olämpligt att plantera träden bland buskar och perenner (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015).

3.2.2 Luftrenande förmåga

Träd kan anses vara ett användbart verktyg för att begränsa luftföroreningar i stadsmiljö (Whitlow, 2011). Träd och annan vegetation kan genom sitt lövverk hjälpa till att rena luften, vilket sker genom filtrering eller utspädning (Svensson & Eliasson, 1997). Föroreningarna kan spädas ut i större rena luftmassor eller silas genom trädens lövverk. Gasformiga föroreningar kan tas upp av bladen och förorenande partiklar kan fastna på bladen yta (Bolund & Hunhammar, 1999). Figur 2 visar ett exempel på hur partiklar kan fastna på bladens yta.



Figur 2: Blad fångar partiklar (Nohed, 2019)

Vad är luftföroreningar?

Luftföroreningar existerar i två kategorier. Det finns de naturliga föroreningarna och de som är orsakade av människan, så kallade antropogena luftföroreningar. Naturliga luftföroreningar skapas av vulkaner, åskväder, erosion, skogsbränder, och fysiska och kemiska processer under havsytan. De mänskligt orsakade luftföroreningarna uppkommer främst vid förbränning av biobränslen och olja men också vid friktionen då bildäck slits mot vägbanan (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Föroreningarna består av partiklar och gas, vilka i städerna utgörs främst av kväveoxider, aerosoler, polyaromatiska kolväten, marknära ozon och svaveloxider (Yngvesson & Pershagen, 1999).

Luftföroreningar har negativ påverkan på den globala uppvärmningen men också på mänsklig hälsa. Flera studier visar att luftburna partiklar och utsläpp bidrar till sämre hälsa och ökar risken för tidig död (Breitner et al., 2009). En rapport från Umeå universitet visar att 3400 människor dör i förtid årligen på grund av höga halter av luftförorenande partiklar. Samma artikel belyser att kostnaden för skadorna dessa partiklar bidrar till uppkommer i 26 miljarder varje år (Sjöberg et al., 2009). De minsta partiklarna tränger ner i lungorna och kan orsaka luftvägssjukdomar hos oss människor (Yngvesson & Pershagen, 1999; Barck et al., 2002; Brugge et al., 2007). Små partiklar kommer främst från fordonsutsläpp och energiförsörjning och kan färdas långa avstånd. En stor del av de små, luftburna partiklar som finns i Sverige har färdats från Europa (Naturvårdsverket, 2013).

Hur kan träd påverka luftföroreningar?

Träden och deras kronor påverkar luftkvaliteten i städerna. Bladen kan vid öppning och stängning av klyvöppningarna hjälpa till att ta upp en del av de luftföroreningar som finns i vår omgivning. Föroreningar kan fastna på trädens bladtytor, där mängden som fastnar beror på trädart och på bladens individuella utseende (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Barrträd har bättre förmåga att filtrera luften medan lövträd är överlägsna i fråga om att absorbera gaser. Barrträd har en större totalarea och ger bättre filtrering än lövträd men barrträd är känsligare för luftföroreningar. Därför kan en blandning av barr- och lövträd vara att föredra för bästa luftrenande kapacitet (Bolund & Hunhammar, 1999). Faktorer som behåring, storlek och bladform är avgörande för effekten (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Trädets bredd, höjd och strukturella uppbyggnad har inverkan på hur luftföroreningar sprids och hur de fördelas i luften (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Forskning visar också att omfattningen av vegetationens luftrenande förmåga varierar mellan olika platser då det är många faktorer som är avgörande för resultatet. Ensamma träd i asfalt ger sämre filtrering (Svensson & Eliasson, 1997), samtidigt bör för tät plantering också undvikas då detta försämrar förmågan till luftrening (Bolund & Hunhammar, 1999).

Nackdelar med trädkronor i städer

Det är inte alltid bara fördelar med trädkronor i stadsrummet. En nackdel är att vissa trädarter och vissa kombinationer av träd- och buskskikt istället kan medverka till ökade problem med luftföroreningar (Whitlow, 2011). Partiklar som filtrerats av träden kan sköljas av vid nederbörd eller följa med löven ner på marken vid lövfällning (Nowak et al., 2014). Andra studier visar att halten av luftföroreningar är mer koncentrerad på läsidan av en trädplantering i gatumiljö än på en gata utan träd (Beckett et al., 2000; Popek et al., 2012). Problemet av denna karaktär förekommer främst där vegetationen dämpar lufttillströmning och skapar en högre halt av föroreningar på läsidan av träd- och busk-skiktet (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015).

3.2.3 Koldioxidbindning

Utsläpp av koldioxid i atmosfären är tillsammans med andra växthusgaser en av de främsta anledningarna till klimatförändringar. Träd kan ses som en koldioxidsänka och bidra till lägre nivåer av koldioxid i atmosfären (Akbari, 2002) och bidrar med en stor ekosystemtjänst när de lagrar in atmosfäriskt kol i sin biomassa (Nowak, 1993). Koldioxidinbindning sker genom fotosyntesen där växterna med hjälp av ljus, koldioxid och vatten bildar syre och socker. Kolet lagras i växterna där det används till uppbyggnad av alla vegetativa delar (Morén, 2007). Fotosyntesen består av flera reaktioner som sker inne i växten. Calvencykeln är den process som bildar energi (ATP) genom koldioxid, alltså den process som binder kol. Koldioxid reduceras till organiskt kol och binds in i växten. Kolet i koldioxid behövs för att växter ska kunna bilda energi i form av sackaros, glukos och stärkelse (Raven et al. 2005).

Flera faktorer avgör trädens förmåga till inlagring av kol. Effekten varierar under trädets livscykel (Nowak et al., 2013) och mängden koldioxid som tas upp beror bland annat på växtens vitalitet (Boverket, 2014). Ett ökat kvävenedfall bidrar till en ökad kolinlagring, då kvävet medverkar till en förhöjd tillväxt (Naturvårdsverket, 2017). Vid torka stänger växter sina klyvöppningar för att minimera vattenförlust, vilket också innebär att koldioxid inte kan tas upp (Raven et al. 2005). Genom fotosyntesen kan ett stadsträd lagra in 18 kg kol per år. Den totala effekten ökar om träd står tillsammans, då den lokala temperaturen sänks.

Koldioxid frigörs

Träd i alla miljöer utgör en sänka under tillväxt, men när träden dör och bryts ner, kommer kolet att släppas ut tillbaka i atmosfären (Nowak, 1993). Grönt kol tas upp av träden och en mindre del släpps ut i atmosfären vid celandning. Koldioxid släpps ut i atmosfären då växtmaterial bryts ner eller eldas upp (Tricorona, 2014). Vid nedtagning av träd försvinner en koldioxidsänka och ett utsläpp uppstår när kolet i biomassan frigörs. Även om kolet kommer att frigöras vid förbränning eller genom nedbrytning anses urbana träd vara ett stort bidrag för att reducera stigande halter av koldioxid i atmosfären (Nowak, 1993).

I en intervju med klimatforskaren Johan Rockström framhäver han att nyplantering av träd inte klimatkompenserar för det svarta kol som förbränns, alltså fossilt kol. Att plantera nya träd kan vid upptag av koldioxid kompensera för förbränning av så kallat grönt kol. Träden och det gröna kolet är en del av en kortare kolcykel. För att träden ska tjäna som klimatkompensation måste nettoutsläppen av koldioxid minska och därför se till att ingen förbränning av fossila energikällor sker. Då är det viktigt att säkra för att redan befintliga träd får stå kvar (Tricorona, 2014).

3.2.4 Temperaturreglering

Växter i städerna skapar ett behagligare klimat. Vegetation bidrar till jämnare lufttemperaturer och hjälper till att reglera flera klimatfaktorer (Jansson et al., 2013). När vatten avdunstar sjunker temperaturen lokalt vilket sker via växternas evapotranspiration (Boverket, 2014) evaporation och transpiration i samma namn (SMHI, 2017). Flera studier visar att stadsmiljö med närhet till parker och grönområden har lägre temperaturer än resten av staden (Yokohari et al., 1997, Yokohari et al., 2001; Yu & Hien, 2006). Bowler et al. (2010) har kommit fram till parker i genomsnitt håller en temperatur på 0,94 grader lägre än omgivande miljö. Då parkmiljö och andra grönområden håller lägre temperatur än resten av staden uppstår en temperaturskillnad. Temperaturskillnaden ger upphov till en så kallad parkbris – en svag vind som kyler ner närliggande delar av staden och ger temperaturutjämnning. Parkbrisen ger ökad luftcirkulation och renare stadsluft (Upmanis, 2000).

3.2.4.1 Värmeö-effekten - Urban heat island

Problemet med höga temperaturer i städer kallas *Urban heat island*, eller *värmeö-effekten*.

Fenomenet sker i urbana miljöer med otillräcklig tillgång på gröna områden som kan bidra temperaturreglerande till resten av staden (Jansson et al., 2013). *Urban heat island effect*, (UHI) är ett mått som anger temperaturskillnaden mellan stad och landsbygd. Skillnaden är som störst under natten och innebär att stadens värmesumma är högre än den i omgivande landsbygd (Sieghardt et al., 2005). Normalt bedöms värmeöeffekten vara 1-3 grader, men kan också uppnå ännu större skillnader (Christen & Vogt, 2004). I riktigt stora städer kan skillnaderna i lufttemperatur mellan stad och omgivande landsbygd vara så stora som 10-12 grader (Oke, 1987; Ereil et al., 2011)

Orsakerna till fenomenet är flera men några av de mest bidragande är byggmaterialens värmelagrande förmåga, stadens rumsliga struktur, energialstrande maskiner och fordon samt synfaktorn mot himmeln (hur stor del av himmeln som kan ses från marken) (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Effekten av stadens uppvärmning styrs av väder och vind (Oke, 1987) och klart väder och svag vind ger störst temperaturskillnader. Vid blåsigtt väder kan den omgivande landsbygdens svalare temperaturer föras in i staden. I stadsmiljö kan skillnad i marktemperatur variera kraftigt, och skillnaden uppgå till 19 grader inom en radie på 50 meter, från parkering till parkmiljö (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Urban heat island förväntas öka med ökad urbanisering och ökad energianvändning från luftkonditionering, som alstrar värme för att kyla ner byggnader då klimatet blir varmare (Ereil et al., 2011). Det bästa sättet att motverka och förhindra effekter från klimatförändringarna är att bevara och städernas vegetation, där träden spelar en central roll (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). En studie från Manchester visar att om stadens trädbestånd ökade med 10 % skulle marktemperaturerna kunna sänkas med 4 grader,

genom beskuggning och evapotranspiration (Gill et al., 2007) vilket i sin tur har en gynnsam påverkan på luftens temperatur (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015).

Hur kan träd bidra till behagligare stadsklimat?

Den främsta orsaken till att temperaturen varierar stort mellan stad och landsbygd är stadens brist på vegetation. Stora träd är värdefulla i alla miljöer då de håller marktemperaturen låg genom att behålla markfukt, bidrar med evapotranspiration och beskuggning (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015). Flera studier menar att problemen som uppstår genom värmeöeffekten kan avhjälpas med god tillgång på parker och träd i städerna (Witford et al., 2001); Dimoundi & Nikolopoulou, 2003). Trots att Sverige har låga temperaturer under större delen av året kan det på vissa ställen bli mycket varmt under sommarmånaderna. Främst i städerna, på uteserveringar och på lekplatser är det extra viktigt med tillgång till skugga då extrem värme är mycket påfrestande för kroppen och ger försämrad hälsa (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015) hos utsatta människor. Höga temperaturer i städerna leder varje år till ett stort antal dödsfall (Johnson & Wilson, 2009).

Skuggan från växternas bladverk förhindrar att solstrålar når marken och därmed att luft och mark värms upp. Både hög- och lågväxande vegetation kan påverka vindens riktning och reducera dess styrka, vilken har inverkan på det lokala klimatets avdunstning och temperatur (Deak Sjöman, Sjöman & Johansson, 2015).

3.3 Trädens ekosystemtjänster - vinster för samhälle och individ

Över hela världen har studier gjorts som bekräftar den ekonomiska vinningen av att kunna kvantifiera trädens ekosystemtjänster (Wong & Yu, 2005; Akbari, 2002; McPherson et al., 1997; Hanrik & Welle, 2009; Xiao & McPherson, 2002). Med mätningar och beräkningar går det att se hur mycket de urbana trädens ekosystemtjänster är värda i pengar. Trädens ekosystemtjänster har stor potential att minska värmeöns effekter i stadsmiljö (Wong & Yu, 2005), eftersom träden bidrar till lägre temperaturer (Upmanis, 2000) och den temperatursänkande effekten blir större ju fler omfattande områden med buskar och träd som finns (Cao et al., 2010). Eftersom träd och annan vegetation har en temperaturutjämnande förmåga hjälper de till att sänka behovet av både uppvärmning och nedkylning av byggnader. En minskad energianvändning är positivt både för klimatet och ur ekonomisk synvinkel (Dwyer & Miller, 1999; Jo & McPherson, 2001). Hur stor besparingen blir för varje träd beror på det regionala klimatet. En beräkningsmodell föreslår att ett enskilt träd kan bespara samhällets kostnader med 200 USD per år igenom temperaturreglering och bättre luftkvalitet (Akbari, 2002). Genom att öka mängden träd med 10 % i Chicago, menar en annan studie att det skulle bespara varje hushåll 50 – 90 dollar per år i utgifter för uppvärmning och

luftkonditionering. En ökning med 10 % motsvarar 3 träd per byggnad och sänker temperaturen sommartid och förhindrar nedkylande vindar vintertid (McPherson et al., 1997).

Tack vare att träden bidrar till ett jämnare klimat och lägre temperaturer sommartid ger det bättre förutsättningar till bevarad hälsa hos värmekänsliga invånare. Årligen skördas många liv till följd av värmeböljors framfart och att exponeras för stark sol i ung ålder kan bidra till hudcancer senare i livet. Träden ger skugga och bidrar till renare stadsluft och lägre temperaturer lokalt (Andersson et al., 2019). En bättre luftkvalitet ger hälsofördelar för alla och därmed sänkta samhällskostnader och besparat lidande för de som drabbas. Enligt en svensk studie uppskattades luftföroreningar orsaka 7600 dödsfall i Sverige 2015. Varje dödsfall motsvarar en förkortad livslängd med 11 levnadsår och ännu fler drabbas på grund av högre sjuklighet. Vidare beskrivs att halterna av luftföroreningar i svenska städer bedöms vara bland de lägsta i Europa. Trots att Sverige är bäst i Europa beräknades luftföroreningar kosta samhället 56 miljarder kronor 2015, endast sjukfrånvaro relaterat till luftföroreningar utgjorde 0,4 % av BNP. De mest utsatta områdena är i städernas mest centrala delar vilket tros bero på den ökade urbaniseringen och befolkningsökning (Gustafsson et al. 2018). En annan studie undersökte trädens betydelse för patienters återhämtning efter operation. Resultaten visar att konvalescenstiden var kortare och att patienternas behov av smärtstillande läkemedel var lägre hos de som hade utsikt över träd än de vars rum vette mot en tegelvägg (Ulrich, 1983).

Även i dagvattenhanteringen finns pengar att spara genom att skapa förutsättningar för träd att bidra med reglerande ekosystemtjänster. Genom att förbättra möjligheterna för träd att ta upp och fördröja nederbörd kan samhällets kostnader reduceras drastiskt (Hanrik & Welle, 2009). En studie från Santa Monica, USA visar att träden i området beräknas reducera samhällets årliga kostnader för dagvattenhantering med 110 890 amerikanska dollar. Varje träds bidrag minskade kostnaderna med 3,6 USD per år (Xiao & McPherson, 2002).

Koldioxidbindning

Stadsträd binder koldioxid och bidrar därför med stora ekosystemtjänster för att förhindra global uppvärmning (Akbari, 2002). Genom att kvantifiera de miljömässiga vinsterna går det att sätta ett värde på trädens bidrag. Med hjälp av trädkronstäckning kunde man i en studie kvantifiera mängden lagrad kol och den årliga koldioxidinlagringen i stadsträd. Insamlad data från 28 städer i USA användes för att räkna ut det genomsnittliga värdet per enhet trädkronstäckning. Resultatet visar att den totala mängden lagrat kol som finns i urbana träd i USA, uppskattas till 643 miljoner ton, vilket enligt studien motsvarar ett värde av 50,5 miljarder US dollar. Den årliga koldioxidlagringen från samma bestånd uppskattas lagra 25,6 miljoner ton kol årligen, vilket motsvarar ett värde på 2 miljarder US dollar (Nowak et al., 2013).

3.3.1 Ekonomisk värdering av reglerande ekosystemtjänster

Urban vegetation bidrar med flera ekosystemtjänster och skapar en grund för en trivsamt livsmiljö. Enligt en rapport från Naturvårdsverket, visar studier att natur- och parkområdets nytta mätt i ekonomiska bidrag är större än den kostnad de utgör för anläggning och skötsel. Enligt studien var områdena lönsamma även om endast fem ekosystemtjänsters monetära värde uppskattades, vilka var reglering av luftföroreningar, reglering av lokal temperatur, hantering av dagvatten, bindning av kol och bidragande till rekreation. Rapportens slutsats menar att den samhälleliga nyttan var högre än det beräknade värdet, men inte kunde beräknas fullt ut, då andra faktorer som hälsa och biologisk mångfald inte gick att värdera monetärt (Naturvårdsverket, 2017). Exempel från hela världen visar att det lönar sig att satsa på träd och urban vegetation ur både ekologiskt och ekonomiskt perspektiv. En studie från Chile visar att de urbana skogarnas förmåga att rena stadsluft var ekonomiskt jämförbar med andra utsläppsminskande metoder och mer kostnadseffektivt än att satsa på alternativa bränslen (Escobedo et al., 2008). I Peking bedömdes en tredjedel stadens träd vara i dåligt skick, men ändå beräknades de bidra med att rensa luften på 1 261,4 ton partiklar årligen och samtidigt lagrade träden 200 000 ton kol genom fotosyntesen (Yang et al, 2005). Träden i Chicago beräknades 1997 lagra in 315 8000 ton koldioxid från luften och samma bestånd ta upp 5 575 ton partiklar från luften årligen, till ett värde av 9,2 miljoner USD. Sammanställd forskning visar att träden som planteras i området kunde medföra ekonomiska vinster med 400 USD per år, vilket är mer än den dubbla kostnaden för varje planterat träd (McPherson et al., 1997). Det finns flera sammanställningar som visar på svårigheterna med att beräkna värdet av ekosystemtjänster (Bolund & Hunhammar, 1999; Wolf, 2004; Miller 1997; Boyd, 2007). En rapport från Jansson et al. (2013) skriver att det viktiga för att kunna använda kunskap för att främja ekosystemtjänster i praktiken är att forskningen finns sammanställd och tillgänglig för att kunna komma lokala beslutsfattare tillgodo.

3.4 Trädkronstäckning- Vad är det?

Trädkronstäckning är ett mått på hur grönt ett område är, alltså hur stor yta som är täckt av trädkronor. Det skapar en tvådimensionell bild av hur stor del av träden som finns ovan mark (Walton, T. W. et al, 2008). En procentuell ökning av trädkronstäckning används som mål av flera städer för att ge ett mått på grönskan i staden (Tidskriften Landskap, 2017). Enligt samma artikel använder endast av 2,5 % av Sveriges kommuner trädkronstäckning som ett mål för att mäta mängden stadsträd. Enligt Walton et al (2008) är trädkronstäckning ett användbart verktyg för att kommunicera frågor som rör urban skog, då det är enkelt för gemeneman att förstå begreppet genom att visa på en karta över trädkronors utbredning.

Trädkronstäckning ger ett mer exakt mått än att mäta antalet träd i ett bestånd (Walton et al., 2008), eftersom det är i trädens kronor det mesta av ekosystemtjänsterna utförs enligt (Natural Resources

Wales, 2014; Nowak, 2002). Med hjälp av trädkronstäckning går det att kvantifiera de reglerande ekosystemtjänsterna som träden utför. Resultatet av en mätning av trädkronstäckning för ett urbant område ger inte information om trädbeståndets artdiversitet, antalet träd eller beståndets vitalitet. För att få kunskap om dessa egenskaper krävs vidare inventering av områdets trädbestånd där dessa parametrar undersöks (Walton et al., 2008).

Metoder för mätning av trädkronstäckning

Det finns flera olika sätt att mäta trädkronstäckning på. Tre av de vanligast förekommande är att mäta trädkronornas utbredning med hjälp av *digitala kartor*, *slumpmässig punktmetod* och med *fältmätningar* (Walton et al., 2008). Nedan följer en beskrivning av metoderna i korthet.

3.4.1 Mätning från digitala kartor

Metoden används genom att trädkronorna ritas ut för hand på ett digitalt underlag, högupplösta ortofoton, en slags flygbild. Med hjälp av algoritmer beräknas andelen av områdets yta som är täckt av trädkronor.

Det finns både för- och nackdelar med metoden. Enligt en artikel som författats av Östberg et al.(2017), är metoden tidskrävande. De flygbilder som används bör vara högupplösta så att olika typer av vegetation går att skilja åt, för att inte blanda ihop träd, buskar och perenner. För att tydligt bedöma trädkronstäckningens utbredning är det viktigt att bilderna är tagna den tid på året träden har som mest bladmassa. Algoritmer kan användas för att beräkna trädkronstäckningen men det finns en risk att dessa över- eller undervärderar trädkronornas omfattning (Östberg et al., 2017; Walton et al., 2008).

3.4.2 Slumpmässig punktmetod

Genom gratisprogrammet i-Tree canopy går är denna metod tillgänglig för många. För att genomföra mätningen krävs en shape-fil som avgör områdets gränser på kartan, eller ritar användaren ett område för hand på bilden från Google Earth. Programmet slumpar ut punkterna för det valda området och användaren avgör genom att bedöma punkten om det är ett träd, ett "tree" eller ett "Non-tree" (i-Tree canopy, 2019).

Metodens svaghet är att urvalet är slumpartat och ger därför finns alltid en felmarginal. För att nå ett tillfredsställande resultat bör 2000 punkter bedömas per område och mätning. Det är en relativt snabb metod och för att utföra mätningen för Malmö stad krävdes ungefär en dags arbete (Östberg et al., 2017).

Vid alla typ av mätningsmetoder, där trädkronstäckning mäts från kartor eller satellitbilder är det svårt att avgöra trädkronans utbredning. Om bilden är tagen under lövfällning är det svårt att

uppskatta kronans storlek. När kronan är lövtäckt är det inte möjligt att avgöra vilket underlag som döljer sig under grenarna. Om det är asfalterad yta, buskskikt eller gräsmatta har alla betydelse för tillförlitligheten hos mätningarna (Walton et al., 2008; Deak Sjöman & Gill, 2014).

3.4.3 Fältmätningar

Vanligtvis slumpas 200 punkter ut och inom respektive punkt mäts och registreras alla träd. Alla mätningar och bedömningar sker ute i fält. Trädkronans utbredning mäts och helst från två sidor. Metoden bygger, precis som i-Tree canopy på ett slumpvist urval, vilket också kommer ge en felmarginal. Det är en tidskrävande metod, men också ett bra alternativ om insamlingen av data innebär att andra parametrar tas med för att förslagsvis göra en ekonomisk värdering av trädets ekosystemtjänster. Styrkan med metoden är emellertid att mer information samlas in vid samma tillfälle och då går det att få reda på vilken art som bidrar med mer trädkronstäckning eller vilka trädens skötselbehov är (Tidskriften Landskap, 2017).

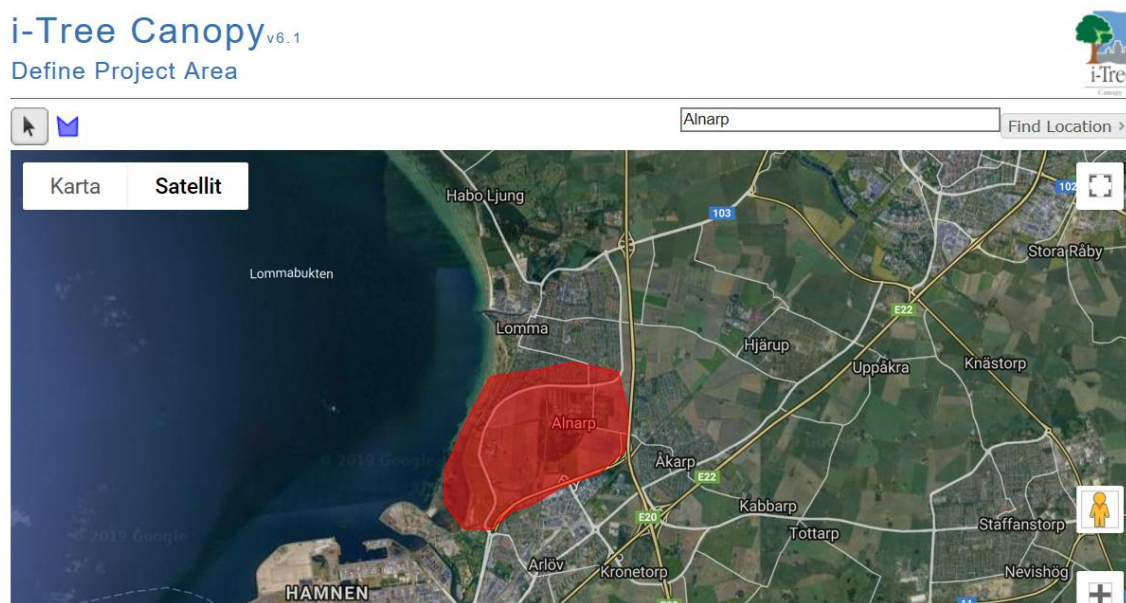
3.5 I-Tree – ett sätt att mäta trädkronstäckning och reglerande ekosystemtjänster

i-Tree är ett digitalt verktyg som kan användas för att mäta de reglerande ekosystemtjänster som träd bidrar med (Nowak, 2018). Programmet bygger endast på vetenskapligt publicerad forskning och har tagits fram av amerikanska motsvarigheten till skogsstyrelsen och jordbruksverket, USDA (US Department of Agriculture) Forest Service (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015). I-Tree utgörs av kärnprogrammet i-Tree Eco, med en tillhörande serie av flera verktyg. Användningen av i-Tree är gratis och går att komma åt via www.itreetools.org. Genom att klicka på *i-Tree canopy* kommer användaren vidare till den del av programmet som utför en mätning av trädkronstäckningen för ett specifikt område. För att kvantifiera trädens reglerande ekosystemtjänster och få fram ett ekonomiskt värde för tjänsterna, krävs ytterligare meteorologisk data tillsammans med en grundlig trädinventering av det undersökta trädbeståndet¹. Programmet kan genom en undersökning av trädkronstäckning tillsammans med kompletterande trädinventering räkna ut tjänsternas ekonomiska värden och synliggöra hur mycket trädens ekosystemtjänster bidrar med (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

Med hjälp av en manual på hemsidan går det enkelt att utföra en mätning av trädkronstäckning i i-Tree canopy. Kartan kommer från Google Earth och det som behövs är att ladda upp en shape-fil över området som ska undersökas. Om en sådan saknas, kan området markeras för hand på den

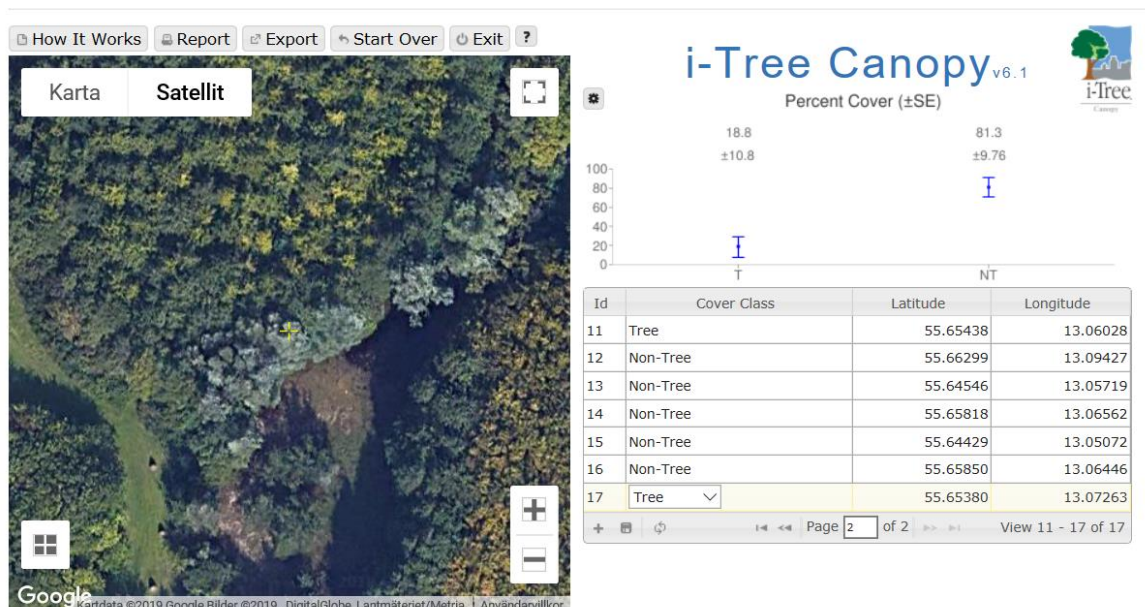
¹ David J. Nowak 2018. US Forest Service, Northern Research Station Syracuse, NY. Föreläsning: The state of science, 2018-01-10 i Alnarp

digitala kartan. Figur 3, visar hur det valda studieområdet markerats i Google Earth (i-Tree Canopy).



Figur 3 Google Earth (i-Tree Canopy, 2019)

Punkter slumpas ut över det markerade området. Websidan för i-Tree rekommenderar att 500-1000 punkter bedöms för att få ett tillförlitligt resultat (i-Tree canopy, 2019).



Figur 4 Google Earth (i-Tree Canopy, 2019)

Vid varje punkt kan användaren välja att klicka i "tree" eller "non-tree", beroende vad punkten på kartan föreställer. (Figur 4 visar randomiserade punkter i studieområdet). Det går även att lägga till egna kategorier för att identifiera andra föremål, om användaren önskar (i-Tree canopy, 2019). På så sätt tas en procentuell trädkronstäckning fram.

Hur värderar i-Tree reglerande ekosystemtjänster?

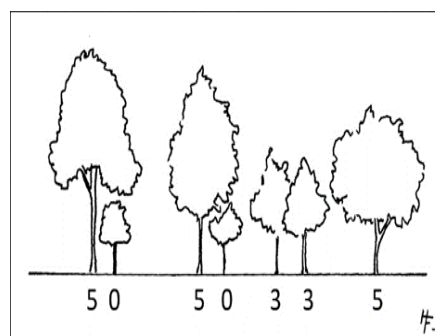
Resultatet av en undersökning med i-Tree canopy ger en procentuell trädkronstäckning över området. Programmet ger även ett uppskattat ekonomiskt värde av några reglerande ekosystemtjänster som träden kan bidra med (SLU, 2018). Kvantifiering och ekonomiska värden anges i minskning av luftföroreningar, angivet i genomsnitt för landet (kg/år/m² trädkronstäckning), ett nationellt genomsnitt av inlagrad koldioxid: (7.69 kg C/m² trädkronstäckning), koldioxidlagring (kg C/år/m² trädkronstäckning) och vattenreglering i form av interception, transpiration och minskad avrinning per m² trädkronstäckning².

För att i-Tree på ett tillförlitligt sätt ska kunna beräkna värdet av reglerande ekosystemtjänster som träden utför behövs mer data. Uträkningen görs i den del av i-Tree som heter i-Tree Eco. För varje land som vill kunna använda i-Tree fullt ut krävs uppgifter för lokala klimatförhållanden; där ibland dagslängd, temperatur och nederbörd. Vetenskaplig forskning står bakom beräkningsmodeller för hur mycket dagvatten och partiklar i luften som ett träd kan ta upp. Därtill behövs ett lokalt inventeringsarbete göras för respektive område. Några av inventeringsparametrarna beskrivs med hjälp av illustrationerna i figur 5.

Parametrar för inventeringen bör vara:



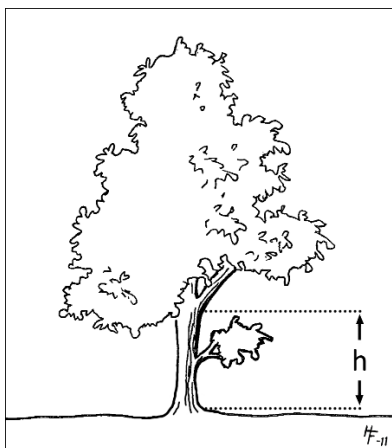
Avstånd mellan träd och byggnad, och i vilket väderstreck



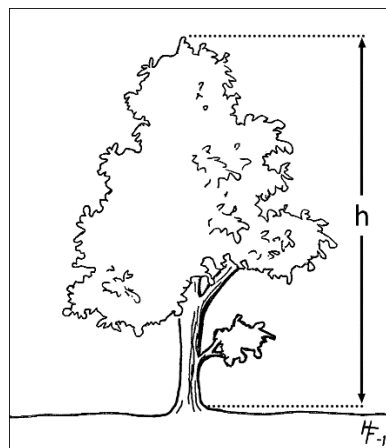
Andel av trädet som har tillgång till solljus

Figur 5: Illustrationer 2.0 (Svenska Trädföreningen 2015.)

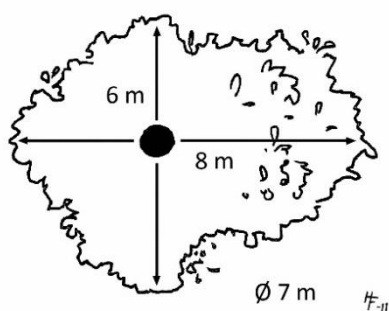
² David J. Nowak 2018. US Forest Service, Northern Research Station Syracuse, NY. Föreläsning: The state of science, 2018-01-10 i Alnarp



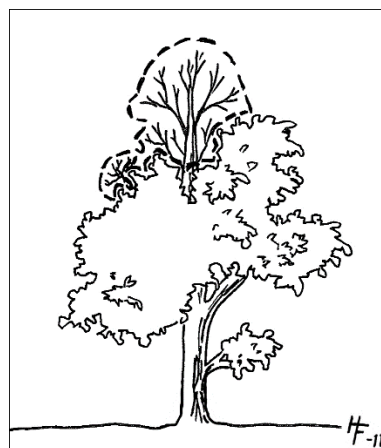
Trädets höjd till kronans bas



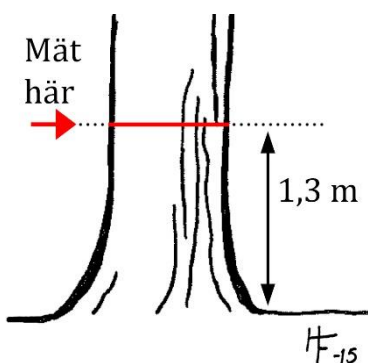
Trädets höjd till levande topp, respektive trädets höjd



Utbredning av trädkrona, nord till syd och öst till väst



Toppdöd i trädkrona, (%) respektive andel av krona som saknas



Stamdiameter i brösthöjd

Figur 5 illustrationer 2.0 (Svenska Trädföreningen 2015)

Utöver dessa parametrar bör även markanvändning och trädart ingå.

Alla ovan nämnda faktorer används tillsammans med formlerna för att beräkna värdet av de ekosystemtjänster träden bidrar med. Exempelvis behövs avståndet till närmsta byggnad för att beräkna hur mycket trädet skuggar en byggnad och kan därmed räkna ut hur mycket det påverkar uppvärmning respektive nedkylning av byggnaden. Kronans vitalitet och volym, samt mängden blad/barr i kronan påverkar hur många partiklar kronan kan fånga upp men också i vilken utsträckning som trädet bidrar med dagvattenhantering (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

3.5.1 *I-Tree i världen*

Det finns flera exempel där i-Tree använts för att ta reda på trädkronstäckningen för ett område. För de platser där inventeringar gjorts, går det genom i-Tree Eco att mäta värdet på trädens bidrag genom reglerande ekosystemtjänster (i-Treetools, 2019). År 2018 påbörjades det inventeringar i Sverige för att värderingar av reglerande ekosystemtjänster ska kunna möjliggöras på flera håll i landet (SLU, 2018).

I USA har I-Tree använts sedan starten 2006 (Nowak, 2018) och New York var tidiga med att genomföra den inventering som krävdes för att kunna beräkna trädens reglerande ekosystemtjänster; koldioxidinlagring, luftrening, minskad energianvändning och dagvattenhantering. Resultatet presenterades för politiker och allmänhet med en kortfattad, illustrativ rapport och det gav stort gehör. Responsen från beslutsfattare var god och resulterade så småningom i programmet *MillionTreesNYC*. New Yorks dåvarande borgmästare ville ge parkförvaltningen finansiering att plantera en miljon nya träd i New York, och målet uppnåddes i oktober 2015 (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015). London har också fått upp ögonen för i-Tree och sommaren 2014 genomfördes en stor inventering endast med allmänhetens hjälp (Treeconomics, 2015). Genom att inkludera volontärer i inventeringen för i-Tree ökar kunskapen hos invånarna om trädens betydelse vilket också visar beslutsfattare att invånarna tycker att frågan om trädens värde är viktig (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015). Wales var det första landet att med i-Tree genomföra en mätning av trädkronstäckning för ett helt land och hade höga ambitioner med projektet. Syftet var att förstå värdet av landets trädbestånd och hur det på bästa sätt bör förvaltas. Projektet ville synliggöra de dolda värden som träden innehar och visa för myndigheter och beslutsfattare att de bör tas med i beräkningar när beslut fattas som berör trädens framtid (Natural Resources Wales, 2014). Australien inledde år 2013 ett projekt med titeln 202020, vilket innebar flera projekt med målet att göra 139 urbana områden 20 % grönare fram till 2020 (202020 vision, 2014). En del av projektet gick ut på att undersöka trädkronstäckningen i de 139 områdena. Anledningen till att i-Tree användes som verktyg motiveras med att det är

kostnadseffektivt och användarvänligt. Enligt rapporten finns det flera andra sätt att mäta trädkronstäckning men som ter sig långt mer komplicerade och resurskrävande (2020 vision, 2014). En nackdel som påtalas med programvaran är att kartorna från Google Earth inte var från samma år för respektive område och därför är resultaten svåra att jämföra, då förändringar i grönyta kan ha skett över tid. Vidare menar författarna till rapporten att mätningen med i-Tree bara är en pusselbit; nu vet de var träden finns men inte i vilken kondition de är och vilken nytta de gör för Australiens invånare. De vet att vissa områden saknar grönyta medan andra har hög andel trädkronstäckning. Syftet är att inspirera myndigheter, företag, lärosäten och andra sektorer att själv kunna mäta trädkronstäckning för att vidare ta reda på trädens bidragande värden genom ytterligare inventeringar för det givna området (2020 vision, 2014).

År 2015 hölls en i-Tree konferens i Alnarp. Exemplet om staden Oakville, Kanada är hämtat därifrån. Det är en mindre stad med 177 000 invånare, som innan användningen av i-Tree hade dålig information om det ekonomiska värdet som stadens träd utgjorde. 2005 började de inventera kommunens träd och kunde snart se trädens ekonomiska fördelar. Trädens luftrenande och temperaturreglerande tjänster uppmättes till ett värde av 2 miljoner US-dollar årligen. Efter att kommunen började arbeta med i-Tree går det idag att se vilka ställen i kommunen där behovet av nya träd är störst men också vilka arter som är lämpligast för nyplantering. 10 år efter starten kan Oakville utvärdera resultatet av arbetet och ser att de har en bättre planering och hantering av träd. Dessutom har arbetet med i-Tree inspirerat och spridit sig till grannkommunerna (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

3.5.2 I-Tree Sverige

I-Tree Sverige är ett samarbete mellan SLU, flertalet kommuner, kyrkogårdsförvaltningar, arboristföretag och bostadsföretag i Sverige. Syftet med samarbetet är att med hjälp av grundliga trädinventeringar kunna ge svar på hur mycket trädens löv och barr renar luften från partiklar, hur mycket koldioxid som binds in och hur många kubikmeter vatten trädens kronor tar hand om genom sina ekosystemtjänster. Inventeringarna startade i april 2018 och genom beräkningarna med i-Tree Eco kan träden som ekonomisk och ekologisk resurs synliggöras. Artikelförfattaren Johanna Deak Sjöman menar att förtätningspolitiken i Sverige är av sådan art att träd kan komma att fällas när förtätning sker. Genom projektet hoppas man kunna visa på träden som ekologisk och ekonomisk tillgång i urbana miljöer och att det leder till att väletablerade träd värnas om i planeringsarbetet av nybyggnationer (SLU, 2018).

3.5.3 Varför används trädkronstäckning för att värdera reglerande ekosystemtjänster?

Många i-Tree projekt hänvisar till studier som gjorts och där trädens förmåga till reglerande ekosystemtjänster framkommer. Sambandet mellan träd och ekosystemtjänst används som

argument för att trädkronstäckning är ett tillförlitligt verktyg för att synliggöra trädens värde i relation till reglerande ekosystemtjänster. Enligt i-Tree-projektet i Wales är de flesta ekosystemtjänster som träd utför relaterade till trädets krona. I rapporten från projektet argumenterar författarna att en studie visar att för varje 5 % ökning av trädkronstäckning ges en minskad avrinning med 2 % (Natural Resources Wales, 2014; Nisbet & Thomas, 2006) och att en annan studie av Lovasi et al., (2007) kommit fram till att barn som bor i områden med fler träd har en lägre förekomst av astma (Natural Resources Wales, 2014). Det finns även studier som visar att ett förändrat beteende hos oss människor (Wolf, 1998) och en ökad säkerhet är förenat med en högre trädkronstäckning (Troy et al., 2011) vilka också kan användas som argument för att synliggöra trädens värden och som kan användas i argumentation för att ett en mätning av trädkronstäckning ska utföras (Natural Resources Wales, 2014). Projektet i Australien motiverar sin mätning av trädkronstäckning för att synliggöra grönytor respektive områden där vegetation saknas. Författarna till rapporten menar att flera studier kopplar trädkronors förekomst till positiv utveckling i samhället (2020 vision, 2014).

Det är viktigt att komma ihåg att inte alla värden som träd har går att mäta med i-Tree och därför bör inte endast de ekonomiska siffrorna användas vid beslutsfattande kring trädens framtid. Mjukare värden (kulturella och understödjande ekosystemtjänster) som biologisk mångfald, sociala, kulturella eller estetiska värden kan inte låta sig beräknas i i-Tree. Ekosystemtjänster eller andra värden som inte går att kvantifiera kan lätt bli förbisedda när samhällsekonomiska beslut endast bygger på ekonomiska värden (Naturvårdsverket, 2017). Samtidigt ger i-Tree styrka i argument för att låta träd stå kvar eller ger svar på varför det är viktigt att värna om de träd vi redan har i våra städer. Vitala träd bidrar med större reglerande ekosystemtjänster och är en av anledningarna till varför träd kan vara värda att bevara (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

Ekosystemtjänsterna utgör ett stort bidrag för att öka lokala områdets förutsättningar att hantera extrema temperaturer eller intensiv nederbörd. Med hjälp av i-Tree kan värdet av trädens ekosystemtjänster tas med i beräkningarna när städer förtätas (SLU, 2018; 2020 vision, 2014; Jansson et al., 2013) och för att planera för ökad resiliens. Trots brister är det ändå viktigt med ekonomisk värdering av ekosystemtjänster när metoder finns, för på så vis kunna synliggöra deras nytta (Naturvårdsverket, 2017).

4 Diskussion

Syftet med arbetet var att förstå vilken roll träden spelar för reglerande ekosystemtjänster i urbana miljöer och hur dessa tjänster kan värderas genom trädkronstäckning i datorprogrammet i-Tree. Utöver det ville jag besvara frågorna; hur och varför trädkronstäckning används för att värdera urbana träds ekosystemtjänster.

Det finns mycket material och flera studier som visar på trädens förmåga att bidra med reglerande ekosystemtjänster i stadsmiljö. Många projekt världen över har använt sig av i-Tree i syfte att utföra en mätning av trädkronstäckning för sitt specifika område. En anledning till att många projekt använder sig av i-Tree är troligtvis verktygets användarvänlighet. Det är enkelt och resurseffektivt att ta reda på den procentuella trädkronstäckningen. Kostnaden är den arbetstid som läggs ner, och ett resultat tar mindre än en dag att få fram. Procentsatsen i resultatet bör användas med viss försiktighet och syftet med undersökningen bör inte vara att med hjälp av en mätning värdera trädens reglerande ekosystemtjänster. Resultatet över områdets trädkronstäckning visar just det: hur grönt ett område är och ingenting annat. Trädkronsmätning kan användas med syfte att öka andelen vegetation i ett visst område för att det vetenskapligt finns underlag för de positiva effekter som gröna element i städerna medför. Om syftet är att ta reda på i vilket område mängden trädkronor saknas i mening att främja miljö, säkerhet och hälsa, så kan verktyget vara en god idé!

För att resultatet av en värdering av trädens ekosystemtjänster ska vara tillförlitligt bör mätningen av trädkronstäckning kompletteras med en grundlig inventering. En sådan inventering kräver en stor arbetsinsats av många personer där flera parametrar undersöks. Insamlad data skickas till USA där uträkningar av värdena görs med hjälp av formler och meteorologisk information för området (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015). Denna process visar att det är mycket mer resurskrävande att värdera trädens reglerande ekosystemtjänster än att göra en mätning av trädkronstäckning i ett datorprogram. Trots grundligheten som i-Tree Eco erbjuder finns det brister i metoden och mer kan göras för att resultatet ska bli än mer tillförlitligt. Faktorer som jordmån, rötternas utbredning och trädets ålder har betydelse för beräkningen av ekosystemtjänsternas effektivitet men dessa saknas i verktygets utformning.

Genom att själv utföra en beräkning av trädkronstäckning med verktyget i-Tree canopy kunde jag bättre avgöra brister och fördelar med programmet. Att bedöma användningen av i-Tree hade varit svårt om jag inte sett hur programmet fungerade i praktiken. Det är ett användarvänligt program och lätt att komma igång med sin undersökning. En av nackdelarna är att flygfotografier inte alltid är tydliga nog för att avgöra vad bilder föreställer. Skuggor och pixlar kan skapa otydligheter. Inte heller går det inte att enkelt att avgöra om bilden föreställer ett träd eller en buske. Flera faktorer bidrar till

att användaren riskerar att göra ett felaktigt val. För att få en bredare bild av områdets grönyta kan användaren själv tillföra kategorier för det personen vill att resultatet ska spegla. Genom att tillföra kategorier som gräs, byggnad eller vatten får konsekvenser för hur resultatet bör tolkas. Enligt Deak Sjöman & Gill (2013) bidrar gräsmatta eller lågväxande vegetation med långt fler ekosystemtjänster än en asfalterad yta.

Många av projekten som utför en mätning av trädkronstäckning använder i-Tree som en första insyn i hur grönt området är (2020 vision, 2014). Några stannar vid en sådan mätning och andra går vidare med en större satsning och utför den mer krävande inventeringen (2014; McPherson, E. G. et al., 2011; Natural Resources Wales, 2014; Treeconomics London, 2015). Något alla undersökningar har gemensamt är syftet att kunna kommunicera den gröna infrastrukturen i städerna. Forskning visar tydligt på gröna miljöers förträfflighet men ändå behöver växternas roll stärkas och argument tas fram för att synliggöra dess värde så att de bevaras. Källor visar att urban vegetation ofta minskar på bekostnad av städernas förtätning och genom att skapa argument för gröna städer kan träd och växter hävda sin rätt att bevaras och till och med öka. Genom att ge trädens ekosystem tjänster ekonomiska värden kan de tas med i beräkningar när samhället utvecklas (Jansson et al., 2013).

Att träd som planteras får goda förutsättningar till att stå kvar är avgörande för att den procentuella trädkronstäckningen ska kunna öka. En noggrann etablering, gott om utrymme för rötternas tillväxt och tillräcklig skötsel är förutsättningar för att skapa vitala stadsträd (Nowak & Greenfield, 2012; Nowak 2002). Trädets vitalitet är avgörande för ekosystemtjänsterna (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015; Nowak, 2002) och genom att satsa på att ge träden förutsättningar till ett långt liv kan kostnader reduceras för de åtgärder som krävs för att ersätta träd som givits otillräckliga förutsättningar på växtplatsen (Nowak & Greenfield, 2012; Nowak, 2002).

Kritik emot att värdera ekosystemtjänster

Av flera anledningar finns det kritik gentemot att sätta ett värde på ekosystemtjänster. Kritikerna menar att ekosystemtjänster som inte går att ge ett ekonomiskt värde kan komma att bli förbisedda (Naturvårdsverket, 2017). Genom trädkronstäckning och värderingsmodeller som i-Tree går det inte att värdera vilket träd som är vackrast eller bästa klätterträdet. Inte heller kan modellen beräkna värdena av biologisk mångfald eller kulturhistoriska värden. Andra metoder för ekonomisk värdering av träd används redan i Sverige men dessa kan inte beräkna ekosystemtjänster. Respektive värderingsmodell återspeglar de parametrar metoden använder för att fastställa trädets värde. Istället finns det olika modeller för att beräkna värdet av estetik eller för att få fram ett värde som visar att skyddsvärda träd ska bevaras eller också kan kostnaden för att ersätta ett träd som olovligt tagits ner beräknas (Östberg, Konijnendijk van den Bosch & Fredriksson 2015).

Arbetsprocessen

Mängden tillgänglig litteratur gjorde det svårt att sälla bland all information. Min uppfattning är att jag hittat entydiga resultat som alla bekräftar viken av trädens ekosystemtjänster i stadsrummet. Samtidigt är det inte lätt att veta om min uppfattning är baserad på att det var samma resultat jag hade förväntat mig och därför blev selektiv i mina sökningar. Några källor visar att det inte enbart är positivt med täta trädkronor i stadsmiljö då dessa kan stänga inne luftföroreningar och skapa en högre koncentration på ena sidan. För att besvara frågan om trädens negativa inverkan i stadsmiljö krävs en helt annan uppsats, vars frågeställnings utgörs av andra syften.

För att sätta mig in i ämnet och få en övergripande förståelse för ekosystemtjänster användes Naturvårdsverkets rapporter. Tyvärr var det inte möjligt att hitta en referenslista till dessa och därför har jag använt deras rapport som referens trots att den bör betraktas som en sekundärkälla. Det samma gäller för tidningsartiklar och websidor som finns med i referenslistan; troligtvis existerar mer pålitliga källor men av tidsskäl har de ändå behållits, då informationen som framkommit varit hög relevans för arbetets innehåll.

En fråga som har varit svår att besvara är länken mellan trädkronstäckning och ekosystemtjänster. Ingenstans har jag funnit den forskning som underbygger argumentet att trädkronstäckning har en direkt korrelation med ekosystemtjänster. Att det är vidden av trädkronan som är avgörande för ekosystemtjänsternas effektivitet. Flera artiklar berör ämnet genom att skriva om bladens eller barrens utseende, städsegröna respektive lövfällande träds förmåga till ekosystemtjänster, men ändå saknar jag referenser som tydligt drar denna slutsats. All vetenskaplig litteratur tycks göra antagandet att det direkta sambandet finns, men jag menar att det tål att ifrågasättas fram till dess att relationen däremellan går att bevisa.

Att stadsträd spelar en viktig roll för människans förutsättningar till ett gott liv i städerna är svårt att bortse från. Trots en stor mängd forskningsresultat som bekräftar detta finns det risk att kunskapen inte når de beslutsfattare som styr över besluten att skapa tätare städer. Studier visar att mängden bebyggelse ökar på gröna ytors bekostnad (Jansson et al., 2013). Om de personer som styr över sådana trender förstod värdet av gröna städer och hade insyn i den helhet av positiva faktorer som gröna element utgör, tror jag att trenden hade gått åt motsatt håll. Jag anser att metoder för att värdera och synliggöra ekosystemtjänster kan vara ett värdefullt verktyg i arbetet mot att utveckla städer som är hållbara för mänskligt välmående och vårt globala klimat.

5 Slutsats

Att göra en mätning av trädkronstäckningen för ett specifikt område är ett bra sätt att synliggöra hur stor del av ytan som är täckt av träd. För en sådan undersökning är i-Tree ett användarvänligt verktyg. Genom en mätning går det att kommunicera måttet på hur grönt ett område är, vilket är positivt för att kunna dokumentera arbetet mot grönare städer och ökade ekosystemtjänster.

Litteraturstudien visar att det krävs mer än en mätning av trädkronstäckning för att kvantifiera de ekosystemtjänster som träden ansvarar för och kunna dra slutsatser om deras ekonomiska bidrag. Många faktorer bör tas med i beräkningen för att resultatet ska bli tillförlitligt, och det är inte säkert att i-Tree klarar att räkna med alla. Även om en mer grundlig inventering av beståndet utförs, kommer uppgifter om jordmån saknas i beräkningarna.

Oberoende av vilken metod som används för att göra en mätning, blir det tydligt att träden gör stor nytta, både i form av reglerande ekosystemtjänster, men också genom andra värden som är svåra att kvantifiera och uppskatta värdet av.

Under arbetets gång har jag försökt hitta litteratur som bekräftar att det finns en tydlig koppling mellan trädkronstäckning och de reglerande ekosystemtjänster som träden svarar för, eftersom detta antagande konsekvent görs i den forskning jag studerat. Det hade varit intressant att genom fortsatta studier definiera korrelationen mellan dessa två områden.

6 Referenser

202020 vision (2014). Where are all the trees? : An analysis of tree canopy cover in Australia.

Tillgänglig: https://202020vision.com.au/media/7145/where_are_all_the_trees.pdf [2019-05-16]

Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants.

Environmental Pollution 116(1), 119-126. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749101002640> [2019-05-07]

Andersson, U. E. et al. (2019) Urbana ekosystemtjänster : arbeta med naturen för goda livsmiljöer.

Alnarp: Tankesmedjan Movium.

Barck, C et al. (2002) Ambient level of NO2 augments the inflammatory response to inhaled allergen in asthmatics. Respiratory medicine. 96 (11), 907–917. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611102913740> [2019-05-06]

Beckett, K. P., Freer-Smith, P. & Taylor, G. (2000). Effective tree species for local air-quality management. *Journal of Arboriculture* 26, 12-19 Tillgänglig:

https://www.researchgate.net/publication/238753397_Effective_tree_species_for_local_air_quality_management [2019-04-22] (Sjöman & Slagstedt 2015, s.301).

Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29,

293-301. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800999000130> [2019-05-07]

Boverket (2018). *Reglerande ekosystemtjänster*. Tillgänglig:

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/ekosystemtjanster/olika-grupper-av-ekosystemtjanster/reglerande/> [2019-04-18].

Bowler, D. E. et al. (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*. [Online] 97 (3), 147–155. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204610001234> [2019-05-09]

Breitner, S., Stölzel, M., Cyrus, J., Pitz, M., Wölke, G., Kreyling, W., Küchenhoff, H., Heinrich, J.,

Wichmann, H.-E. & Peters, A. (2009). Short-term mortality rates during a decade of improved air quality in Erfurt, Germany. *Environmental Health Perspectives* 117(3), 448-454. Tillgänglig:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2661916/> [2019-05-07]

Brugge, D. et al. (2007) Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environmental health : a global access science*

source. 623. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1971259/> [2019-05-06]

Boyd, J. (2007). Nonmarket benefits of nature: What should be counted in green GDP? *Ecological Economics* 61, 716-723. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800906004642> [2019-05-14]

Cao, X., Onishi, A., Chen, J. & Imura, H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning* 96(4), 224-231. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920461000054X> [2019-05-09]

Christen, A. & Vogt, R. (2004) Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology*. [Online] 24 (11), 1395–1421.

c/o city (2014) Ekosystemtjänster i stadsplaneringen – en vägledning Stockholm och Malmö:

<https://hallbarstad.se/cocity/wp-content/uploads/sites/121/2018/02/Ekosystemtjänster-i-stadsplaneringen.pdf>

Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats. I Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. Lund: Studentlitteratur, ss.231-329.

Deak- Sjöman, J. & Gill, S. 2013. Residential runoff – The role of spatial density and surface cover, with a case study in the Höjeå river catchment, southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*, pp.Urban Forestry & Urban Greening.

Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings* 35, 69-76. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000816> [2019-05-09]

Dwyer, M. C. & Miller, R. W. (1999). Using GIS to assess urban tree canopy benefits and surrounding greenspace distributions. *Journal of Arboriculture* 25(2), 102-107.Tillgänglig:

Erell, E., Pearlmutter, D. & Williamson, T. (2011). *Urban microclimate: designing the space between buildings*. Earthscan, ISBN 978-1-84407-467-9.

Escobedo, F. J., Wagner, J E., Nowak, D. J., Luz de la Manza, C., Rodriguez, M. & Crane, D. E. (2008). Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. *Journal of Environmental Management* 86, 148-157. Tillgänglig:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479706003823> [2019-05-14]

Florgård, Clas & Palm, Roland (1980) *Vegetationen i dagvattenhanteringen*. Solna: Naturvårdsverket. (Sjöman & Slagstedt 2015, s.285).

Gill, S. E., Handley, J.F., Ennos, A. R. & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. *Built Environment* 33(1): 115-133.

Gustafsson, Malin et al. (2018) Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. Tillgänglig: <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1242584/FULLTEXT01.pdf> [2019-04-08]

Harnik, P. & Welle, B. (2009). Measuring the Economic Value of a City Park System. The Trust for Public Land. Tillgänglig: <https://www.tpl.org/sites/default/files/cloud.tpl.org/pubs/ccpe-econvalueparks-rpt.pdf> [2019-05-13]

i-Tree canopy (2019). *I-Tree canopy*. Tillgänglig: <https://canopy.itreetools.org/> [2019-05-24]

i-Treetools (2019). *I-Tree international*. Tillgänglig: https://www.itreetools.org/resources/intl_overview.php [2019-05-18]

Jansson, M., Persson, A. & Östman, L. (2013) Varför urban natur : hela staden : argument för en grönblå stadsbyggnad. Alnarp: Movium.

Jo, H.-K. & McPherson, E. G. (2001). Indirect carbon reduction by residential vegetation and planting strategies in Chicago, USA. *Journal of Environmental Management* 61, 165-177. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479700903931> [2019-05-09]

Johnson. D.P. & Wilson, J.S. (2009). The socio-spatial dynamics of extreme urban heat events: The case of heat-related deaths in Philadelphia. *Applied Geography* 29(39), 419-434. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622808000763> [2019-05-09]

Lovasi, G., Quinn, J., Neckerman, K., Perzanowski, M., Rundle, A., (2007) *Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma*. *Journal of Epidemiology and Community Health* 62(7), pp 647-9

McPherson, E.G. (2007). Benefit-Based Tree Valuation. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(1), 1-11. Tillgänglig: https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw_2007_mcpherson002.pdf [2019-05-13]

McPherson, E. G. et al. (2011) Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. *Landscape and Urban Planning*. [Online] 99 (1), 40–50. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204610001982> [2019-05-18]

Millenium Ecosystem Assessment (MA) (2015), *Ecosystems and Human Well Being*, Synthesis: Island Press, Washington DC. Tillgänglig:

<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> [2019-04-11]

Miller, R.W. (1997). *Urban Forestry – planning and managing urban greenspaces* (2nd ed.). New Jersey.

Morén, A-S. (2007) *Kolet, Klimatet och skogen Så funkar det*. SLU/repro. ISBN: 978-91-85911-15-8.

Tillgänglig: [http://www.mistra.org/wp-](http://www.mistra.org/wp-content/uploads/2017/10/LUSTRASa%CC%8AFunkarDet2007.pdf)

[content/uploads/2017/10/LUSTRASa%CC%8AFunkarDet2007.pdf](http://www.mistra.org/wp-content/uploads/2017/10/LUSTRASa%CC%8AFunkarDet2007.pdf) [2019-05-01]

Natural Resources Wales (2014). *Tree Cover in Wales' Towns and Cities: understanding canopy cover to better manage our urban trees*. Welsh Government Offices. Aberystwyth

Naturskyddsföreningen (2013). *Räkna med ekosystemtjänster – Underlag för att integrera miljövärden i den kommunala beslutsprocessen*. Naturskyddsföreningen.

<http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokumentmedia/rakna-med-ekosystemtjanster.pdf> [2019-04-09]

Naturvårdsverket (2017). *Kolets kretslopp rubbas*. Tillgänglig: www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/Kolets-kretslopp-rubbas/ [2018-02-06]

Naturvårdsverket (2019). *Luftguiden – Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft*. (Handbok 2019:1) Version 4. Bromma: Naturvårdsverket. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-0182-7.pdf?pid=24067> [2019-04-18]

Naturvårdsverket (2014). *Synen på ekosystemtjänster – begreppet och värdering*

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8725-8.pdf?pid=14438> [2018-01-29]

Naturvårdsverket (2017). *Argument för mer ekosystemtjänster*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Rapport 6736) Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/2071489-rapport-argument.pdf?pid=19706> [2018-02-26]

Nisbet, T., Thomas, H., (2006) *The role of woodland in flood control: a landscape perspective*. Forest Research

Nowak D.J. et al., 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, pp.229–236.

- Nowak, D.J., 1993. Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management*, 37(3), pp.207–217.
- Nowak, D.J., 2002. The effect of urban trees on air quality. USDA Forest Service, Syracuse, NY.
- Nowak, David J. & Greenfield, Eric J. (2012) Tree and Impervious Cover Change in U.S. Cities. *Urban Forestry & Urban Greening*. [Online] 11 (1), 21–30. (Sjöman & Slagstedt 2015. s.287)
- Nowak, David J. et al. (2014) Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. [Online] 193119–129. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749114002395> [2019-05-07]
- Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Routledge, New York
- Popek, R. et al. (2013) Particulate Matter on Foliage of 13 Woody Species: Deposition on Surfaces and Phytostabilisation in Waxes – a 3-Year Study. *International Journal of Phytoremediation*. [Online] 15 (3), 245–256.
- Raven, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E., 2005. *Biology of plants* 7. ed., New York: W.H. Freeman and Company.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R. Prentice, I.C. Araújo, M.B., Arnell, N.W., Bondeau, A. et al. (2005). Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 319(5752), 1333-1337.
- Sieghardt, M. et al. (2005) The abiotic urban environment; Impact of urban growing conditions on urban vegetation. I: Konijnendijk, C. et al. (red.) *Urban Forests and Trees*, s. 281-323 [Online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sjöberg, K., et al. (2009) Quantification of population exposure to PM_{2.5} and PM₁₀ in Sweden 2005. Rapport, B1792, IVL/Umeå universitet. Tillgänglig: <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b754c/1446710048540/B1792.pdf> [2019-05-06]
- Sjöman, H. & Slagstedt, J., 2015. *Träd i urbana landskap* 1. uppl., Lund: Studentlitteratur.
- SLU (2018). *i-Tree Sverige – en kartläggning av träds samhällsnytta*. Tillgänglig: <https://www.slu.se/ew-nyheter/2018/8/itree/> [2019-03-29]
- SMHI (2017). *Avdunstning*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/avdunstning-1.30720> [2019-05-07]

- Svensson, M. & Eliasson, I. (1997). *Grönstrukturens betydelse för stadens ventilation: vegetationens renande förmåga – en litteratursammanställning*. Naturvårdsverket, Rapport 4779.
- Treeconomics London (2015). Valuing London's urban forest – Results of the London i-Tree Eco Project. Hill & Garwood Printing Limited. ISBN 978-0-9571371-1-0.
- Tricorona Climate Partner AB (2014). *Johan Rockström om vad de bästa sätten att klimatkompensera på är: "Investeringar i förnyelsebar energi, bevarande av stående skog och energieffektivisering*. Tillgänglig: <https://www.tricorona.se/2014/02/03/johan-rockstrom/> [2019-03-29]
- Troy, A. et al. (2012) The relationship between tree canopy and crime rates across an urban–rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*. [Online] 106 (3), 262–270. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204612000977> [2019-05-16]
- Ulrich, S. R. (1983), *View Through a Window May Influence Recovery from Surgery*, Department of Geography, University of Delaware
- Upmanis, H. (2000). The park has its own climate. *Swedish Building Research* 2, 8-10.
- Walton, T. W., Nowak, J.D. & Greenfield, J. E. (2018), Assessing Urban Forest Canopy Cover Using airborne or Satellite Imagery. *International Society of Arboriculture*, [online] 34(6):224-340. Tillgänglig: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs_2008_walton_002.pdf
- Whitlow, T.H., et al. (2011) Impact of local traffic exclusion on near-road air quality: Findings from the New York City 'Summer Streets' campaign. *Environmental Pollution*. [Online] 159 (8), 2016–2027.
- Witford, V., Ennos, A. R. & Handley, J. F. (2001). City form and natural processes: indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* 20(2), 91-103
- Wolf, K., (1998) *Trees in Business Districts – Positive Effects on Consumer Behaviour*. University of Washington College of Forest Resources
- Wolf, K. L. (2004). Public Value of Nature: Economics of Urban Trees, Parks and Open Space. In: Miller, D. & J. A. Wise (eds.) *Design with Spirit: Proceedings of the 35th Annual Conference of the Environmental Design Research Association*. Tillgänglig: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.583.5824> [2019-05-14]
- Wong, N.H. & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International* 29(3), 547-558. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397504000281> [2019-05-09]

Xiao, Q. & McPherson, E., 2002. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*. [Online] 6 (4), 291–302.

Yang, J., McBride, J., Zhou, J. & Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening* 3, 65-78. Tillgänglig:

Yngvesson, A. & Pershagen, G. (1999). *Luftföroreningar i tätorter och hälsorisker*. IMM rapport 1/99. Institutet för miljömedicin. Tillgänglig: <http://www.imm.ki.se/publ/pdf/rapp1-99.pdf> [2019-04-18]

Yokohari, M., Brown, R.D., Kato, Y. & Moriyama, H. (1997). Effects of paddy fields on summertime air and surface temperatures in urban fringe areas of Tokyo, Japan. *Landscape and Urban Planning* 38(1-2), 1-11.

Yokohari, M., Brown, R.D., Kato, Y. & Yamamoto, S. (2001). The cooling effect of paddy fields on summertime air temperature in residential Tokyo, Japan. *Landscape and Urban Planning* 53(1-4), 17-27.

Yu, C. & Hien, W.N. (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy & Buildings* 38(2), 105-120.

Östberg, J., Konijnendijk van den Bosch, C., & Fredriksson, L. M. (2015) *I-Tree räknar ut värdet av stadsträd*. Alnarp: Tidningen Utemiljö. (Gröna fakta 2015:3) Tillgänglig: <http://www.tidningenutemiljo.se/wp-content/uploads/2018/08/Gröna-Fakta-i-Tree.pdf> [2019-04-01]

Östberg, J., Wiström, B. & Randrup, T. 2017. Hur grön är din stad? *Tidningen Landskap* 2017(8):50-51.

6.1.1.1 Bilder

Urban, Thomas Hawk, (CC BY-NC 2.0)

Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/thomashawk/6894199037/in/photolist-bvdzbd-dMPpxY-8YQPx2-2e9RQRD-pCZLmb-4Azwr6-dkqaR1-So6QGW-28Zcnud-9szc8q-6iyXLk-9prpMp-26f9ig1-23vSXdb-23r1Vx5-bjSzap-2erBRQL-Pp4tvT-26Td3KC-dNp653-pk4XZS-24rNtV2-2aoQ82H-pHW2TK-GNFU7v-GLmn2n-E3kqJB-Hqw8nk-23H5oHW-QYsYRk-fC1Fz-ccQ4B-4BLQPH-EixoKu-8ApKW5-gvjQA-E7HrSh-25TG32A-bvVukh-CzsdX-RMjRmK-2bdEsS5-odjqW1-22YYD1C-qmX13-fKHFX8-7XGQQ3-Q75sAp-4CqfZY-2cVyMnJ> [2019-04-24]

